

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA CAPACIDAD DE SELLADO DE LOS CEMENTOS
NEOMTA Y ENDOSEQUENCE ROOT REPAIR MATERIAL PUTTY EN
OBTURACIÓN RETRÓGRADA**

**TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN
ENDODONCIA**

PRESENTA

C.D. ANIRIA CASTELLANOS GONZALEZ

PRESIDENTE

(DIRECTOR DEL PROYECTO)

DR. MIGUEL ANGEL CADENA ALCANTAR

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. ANA GABRIELA CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. MARÍA ELENA DE LOS ÁNGELES
HOFMANN SALCEDO

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. EUSTOLIA RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO

AGOSTO 2020

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 19 de junio 2020

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio de la presente, me permito informar que el trabajo: **Evaluación *in vitro* de la capacidad de sellado de los cementos NeoMTA y Endosequence Root Repair Material Putty en obturación retrógrada.**

Propuesto por el **C.D. Aniria Castellanos González**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



Dr. Miguel Ángel Cadena Alcantar.
PRESIDENTE

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 19 de junio 2020

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio de la presente, me permito informar que el trabajo: **Evaluación *in vitro* de la capacidad de sellado de los cementos NeoMTA y Endosequence Root Repair Material Putty en obturación retrógrada.**

Propuesto por el **C.D. Aniria Castellanos González**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez
SINODAL

Ccp.- Archivo.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 19 de junio 2020

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio de la presente, me permito informar que el trabajo: **Evaluación *in vitro* de la capacidad de sellado de los cementos NeoMTA y Endosequence Root Repair Material Putty en obturación retrógrada.**

- Propuesto por el **C.D. Aniria Castellanos González**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE



Dra. María Elena de los Ángeles Hofmann Salcedo
SINODAL

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, B.C. a 19 de junio 2020

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio de la presente, me permito informar que el trabajo: **Evaluación *in vitro* de la capacidad de sellado de los cementos NeoMTA y Endosequence Root Repair Material Putty en obturación retrógrada.**

Propuesto por el **C.D. Aniria Castellanos González**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE


Dra. Eustolia Rodríguez Velázquez
SINODAL

**Evaluación *in vitro* de la capacidad de sellado de los cementos NeoMTA y
Endosequence Root Repair Material Putty en obturación retrógrada.**

PRESENTA

C.D. Aniria Castellanos Gonzalez

**PRESIDENTE
(DIRECTOR DEL PROYECTO)**

Dr. Miguel Angel Cadena Alcantar

**SINODALES
(CO-DIRECTORAS DEL PROYECTO)**

Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez

**Dra. María Elena de los Ángeles
Hofmann Salcedo**

Dra. Eustolia Rodríguez Velázquez

Tijuana, Baja California a 19 de junio 2020.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar este trabajo de investigación a mi familia y amigos, por todo su apoyo para terminar una nueva etapa profesional en mi vida.

Agradezco a la Dra. Ana Gabriela Carrillo y a todos los docentes que de alguna manera participaron en mi formación académica, por brindarme el conocimiento necesario para ejercer orgullosamente esta especialidad.

A mi director de Tesis, el Dr. Miguel Ángel Cadena y a mis sinodales, Dra. María Elena Hoffman y especialmente a la Dra. Eustolia Rodríguez, por su paciencia y consejos profesionales, pero sobre todo por el tiempo invertido y dedicación para realizar una investigación de nivel.

Agradezco a Adriana Murrieta por el apoyo incondicional, y de la misma manera cada uno de mis 12 compañeros, mis endohermanos, gracias por el viaje, llevo a cada uno en mi corazón.

Agradezco a CONACYT por la beca otorgada. Número de becario: 921379

Finalmente agradezco al Dr. Ignacio Rivero del Instituto Tecnológico de Tijuana por su colaboración para este trabajo de investigación.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	v
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
Endodoncia.....	2
Fracaso endodóntico.....	2
Cirugía apical	3
Resección apical	4
Retropreparación y obturación retrógrada.....	5
Biomateriales para obturación retrógrada.....	7
Endosequence Root Repair Material Putty™.....	10
Propiedades biológicas del Endosequence Root Repair Material Putty™.....	11
NeoMTA®.....	13
JUSTIFICACIÓN	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
HIPÓTESIS	17
Hipótesis nula (H0).....	17
Hipótesis alternativa (H1)	17
OBJETIVOS	18

Objetivo general	18
Objetivos específicos	18
VARIABLES.....	19
Variable independiente	19
Variable dependiente	19
Operación de variables	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
Tipo de estudio	20
Universo de estudio.....	20
Criterios de inclusión	21
Criterios de exclusión	21
Criterios de eliminación	21
Materiales	22
Metodología.....	23
Preparación y obturación de la cavidad retrógrada	25
Análisis por imagen de la longitud de filtración con tinta del azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular	30
Evaluación de la interfase cemento biocerámico-dentina por Microscopía Electrónica de Barrido	32
RESULTADOS	37
Análisis por imagen de la longitud de filtración con tinta del azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular	37

Evaluación de la interfase cemento biocerámico-dentina por Microscopía Electrónica de Barrido	40
DISCUSIÓN.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Apicectomía y obturación retrógrada.	5
Figura 2. Endosequence Root Repair Material Putty TM	10
Figura 3. NeoMTA®.	14
Figura 4. Órganos dentarios recolectados para la evaluación in vitro.	23
Figura 5. Radiografías iniciales.	24
Figura 6. Preparación de los órganos dentarios.	24
Figura 7. Apicectomía.	26
Figura 8. Obturación retrógrada de los órganos dentarios.	26
Figura 9. Tubo eppendorf de 1.5 ml con agua bidestilada y órgano dentario.	27
Figura 10. Separación aleatoria de muestras.	28
Figura 11. Colocación de muestras en tinta de azul de metileno al 1%.	29
Figura 12. Muestras en incubación.	29
Figura 13 Análisis de imagen.	31
Figura 14. Microscopio Electrónico de Barrido de emisión de campo JEOL modelo JSM-7800F Prime.	33
Figura 15. Muestras fijadas en STUB y se desinfección en cámara de rayos ultravioleta.	34
Figura 16. Inserción del STUB dentro del Microscopio Electrónico de Barrido.	35
Figura 17. Análisis por imagen de los órganos denarios en tinta de azul de metileno al 1%.	37
Figura 18. Microfiltración apical en órganos dentarios con obturación retrógrada con los cementos Endosequence Root Repair Material Putty TM y NeoMTA® tras su inmersión en tinta de azul de metileno por 7 días.	39
Figura 19. Espacio de interfase entre el cemento de obturación retrógrada y la pared dentinaria.	40

Figura 20. Tercio apical del órgano dentario con obturación retrógrada del cemento Endosequence Root Repair Material Putty con acercamiento en cada tercio respectivamente.....	42
Figura 21. Tercio apical del órgano dentario con obturación retrógrada del cemento NeoMTA® con acercamiento en cada tercio respectivamente.....	43
Figura 22. Superficie de los cementos de obturación retrógrada. A) Endosequence Root Repair Material™ y B) NeoMTA®.	44
Figura 23. SEM-EDX del cemento Endosequence Root Repair Material™.....	45
Figura 24 SEM-EDX del cemento NeoMTA®.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS

Cols.	Colaboradores
ERRM	Endosequence Root Repair Material™
MTA	Agregado de trióxido mineral
SEM-EDX	Microscopía Electrónica de Barrido-Espectroscopía de Dispersión de Rayos X
STUB	Cilindro porta muestras de cobre

RESUMEN

La Endodoncia es la rama de la odontología que se encarga del estudio de la estructura, morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y los tejidos periapicales.

Cuando el tratamiento endodóntico convencional fracasa o está contraindicado, puede ser necesario tratar al diente quirúrgicamente. Este procedimiento consta de la eliminación de una lesión periapical por medio de resección apical, curetaje, retro preparación y obturación retrógrada apical correspondiente a la porción comprendida entre el sistema de conductos y los tejidos periapicales.

Los cementos endodónticos que son utilizados para obturación retrógrada de la porción apical del conducto radicular deben bloquear efectivamente las vías de comunicación entre el sistema de conductos y los tejidos circundantes para garantizar el éxito del tratamiento a largo plazo, el cual depende directamente de las cualidades del cemento que no solo previene la salida de la bacteria y sus productos, también promueve la cicatrización y formación de un periodonto sano a través de su superficie, por lo tanto se consideró que el sellado hermético de la porción apical del conducto es el resultado más deseable posterior a un procedimiento de cirugía apical.

El objetivo de este estudio fue evaluar mediante ensayos *in vitro* la capacidad de sellado de los cementos biocerámicos Endosequence Root Repair Material Putty™ y NeoMTA®, en obturación retrógrada.

La capacidad de sellado de los cementos objeto de estudio fue evaluada mediante un análisis por imagen de la longitud de filtración del azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular. Se evaluó la interfase cemento-dentina utilizando microscopía electrónica de barrido. Adicionalmente, se realizó el análisis de Microscopía Electrónica de Barrido - Espectroscopía de Dispersión de Rayos X para determinar la composición química de ambos cementos biocerámicos.

EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA CAPACIDAD DE SELLADO DE LOS CEMENTOS NEOMTA Y ENDOSEQUENCE ROOT REPAIR MATERIAL PUTTY EN OBTURACIÓN RETRÓGRADA.

INTRODUCCIÓN

Endodoncia

La Endodoncia se define como la rama de la odontología que se encarga del estudio de la estructura, morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y los tejidos periapicales (1–3).

El tratamiento endodóntico convencional consta de la preparación biomecánica, que se constituye de una serie de procedimientos mecánicos con la finalidad de limpiar, conformar y desinfectar el conducto radicular, auxiliada de productos químicos y mecánicos que favorezcan su conformación y desinfección por medio de irrigación y aspiración, para posteriormente realizar una obturación tridimensional, con el objetivo de lograr un sellado hermético en el conducto con materiales inertes o antisépticos que promuevan el sellado estable y tridimensional, y estimulen o no interfieran con el proceso de reparación (4).

El tratamiento endodóntico convencional tiene un índice general de éxito de 65% a 95%, que puede acercarse a la cifra más baja de este intervalo cuando el periodo de seguimiento supera los 10 años (5,6).

Fracaso endodóntico

La mayoría de los fracasos endodónticos son resultado de la filtración e invasión apical de las bacterias de un órgano dentario tratado con endodoncia. La filtración puede ocurrir entre el material de obturación, cemento o material de reparación y la dentina después de un tratamiento de conductos, esto puede ser causado por la falta del sellado apical,

instrumentación apical insuficiente, productos microbianos, persistencia o supervivencia de microorganismos, filtración coronaria o presencia de materiales extraños en los tejidos periapicales (7).

Cuando el tratamiento endodóntico convencional fracasa o está contraindicado, puede ser necesario tratar al diente quirúrgicamente. La cirugía endodóntica apical es considerada la última alternativa para mantener un diente que tiene una lesión periapical que no pudo ser manejada con retratamiento endodóntico convencional, y en algunas ocasiones es la única opción para algunas condiciones endodónticas (1–3).

Cirugía apical

La cirugía apical pertenece al campo de la cirugía endodóntica, es el procedimiento quirúrgico que consta de la eliminación de una lesión periapical conservando el diente causal por medio de resección apical o eliminación de la porción apical infectada, curetaje, retro preparación y obturación retrógrada correspondiente a la porción comprendida entre el sistema de conductos y los tejidos periapicales (8).

El objetivo principal de la cirugía apical es prevenir la filtración bacteriana del sistema de conductos a los tejidos perirradiculares, esto se logra realizando la disección de la porción apical de la raíz y colocando posteriormente un cemento de obturación retrógrada. El objetivo de un material de obturación retrógrada es llenar el espacio apical del conducto y obtener un sellado hermético entre el periodonto y el sistema del conducto radicular, un material de buena calidad para la obturación retrógrada es esencial para el éxito de la cirugía apical (7,11–13).

El pronóstico de la cirugía periapical oscilaba hasta hace una década entre el 45% y el 75% de éxito. En una estadística clásica sobre cirugía endodóntica de molares, se obtuvo el porcentaje de éxitos alcanzaba del 70% al 85% (8).

La cirugía apical se ha visto beneficiada por el desarrollo continuo de nuevas herramientas de diagnóstico, materiales e instrumentales quirúrgicos y técnicas

operatorias, haciendo el tratamiento más predecible y llevando al índice de éxito hasta el 90% de los casos (8).

En publicaciones más recientes, que incluyen pacientes a los que se han aplicado técnicas de magnificación, confección de la caja de obturación retrógrada con puntas ultrasónicas, obturación retrógrada con Biocerámicos, uso de membranas e injertos, etc., se registran porcentajes de éxito cercanos al 95% de los casos. El pronóstico dependerá de la calidad del tratamiento y su posterior restauración (5,6).

Resección apical

El objetivo principal de la resección apical, conocida también como apicectomía, es la eliminación del tejido patológico periradicular (Figura 1). Actualmente se recomienda eliminar alrededor de 3 mm, sin sobrepasar un tercio de la raíz y nunca más de la mitad; en caso contrario, el pronóstico será muy desfavorable (6).

La apicectomía puede realizarse con fresas redondas o con fresas de fisura (cilíndricas). La apicectomía debe realizarse lo más perpendicular posible al eje axial del diente, se puede inspeccionar la raíz con ayuda de microespejos y utilizando azul de metileno al 1 o 2%, este muestra presencia de tejido orgánico y muestra la circunferencia de la gutapercha residual, así como sus posibles puntos de filtración, canales accesorios, istmos, fracturas dentinales, los espacios entre el material de obturación y la dentina o áreas del conducto que no pudieron ser negociadas u obturadas de manera ortógrada (6,8).

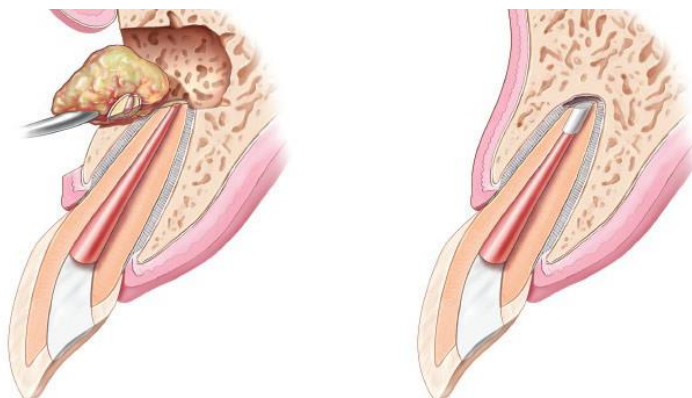


Figura 1. Apicectomía y obturación retrógrada.

Posteriormente se prepara en el ápice una cavidad retrógrada mediante la utilización de micropuntas de ultrasonido, con una profundidad ideal de 3 mm que debe seguir el camino original del conducto, incluyendo istmos o conductos accesorios si se encuentran. La resección de la zona apical, y la posterior aplicación de un cemento de obturación retrógrada, sellan y previenen la microfiltración de microorganismos que residen en los conductos (Figura 1) (8).

Retropreparación y obturación retrógrada

La preparación de la obturación retrógrada exige hacer primero la apicectomía de la forma ya descrita, localizar el foramen apical y confeccionar una caja de obturación, paralela al eje longitudinal del diente, centrada y que englobe todo el sistema apical de conductos. El diseño de la caja de obturación debe permitir colocar un volumen suficiente de material de obturación y debe tener retenciones para mantenerlo en su sitio (6).

Anteriormente, para retropreparar un conducto se empleaban los microcabezales de cirugía periapical, primero con fresa redonda y después con fresa troncocónica para hacer la retención. Esta cavidad en la superficie apical de la raíz amputada debe estar situada en el eje longitudinal del diente y, para evitar la perforación de sus paredes, debe mantenerse equidistante de las superficies radiculares en toda su profundidad. Las dimensiones de la caja de obturación retrógrada han sido discutidas por distintos autores, pero actualmente se acepta que debe tener, como máximo, 3 mm de profundidad y 1.5

mm de diámetro. Es aconsejable dejar una superficie de 2 mm de dentina alrededor de la caja de obturación. El bisel de la resección apical, como se ha indicado anteriormente, debe ser lo menos inclinado posible en sentido vestíbulo lingual o vestíbulo palatino, puesto que en caso contrario se producirán filtraciones por los canalículos dentinarios expuestos por la apicectomía sin que la obturación retrógrada pueda obtener un correcto sellado (6).

Actualmente la caja de obturación se prepara con aparatos ultrasónicos que disponen de una variada gama de puntas ultrasónicas adaptadas a las diferentes variaciones anatómicas de los dientes y a diversas situaciones quirúrgicas (6).

La preparación de la cavidad retrógrada empieza localizando el conducto radicular con una lima corta y eligiendo una punta ultrasónica de acuerdo con el área y el diente que se va a intervenir. La punta ultrasónica se coloca en contacto con la raíz, alineada con el eje longitudinal del diente. Se debe trabajar con irrigación constante con agua destilada estéril o suero fisiológico, ejerciendo siempre una ligera presión. La irrigación debe llegar a la punta del ultrasonido para evitar su calentamiento. Se introducirá y extraerá progresivamente la punta ultrasónica del conducto radicular, procurando no variar la posición con respecto al eje del diente y evitando que el ultrasonido quede trabado para no lesionar los tejidos por un aumento brusco de la temperatura. El fondo de la cavidad debe seguir la dirección del conducto radicular, para no debilitar las paredes de la raíz. El tiempo de aplicación de las puntas ultrasónicas para preparar una caja de obturación retrógrada correcta suele oscilar entre 30 segundos y 2 minutos (6).

Se debe llenar la cavidad con una obturación retrógrada, ya que la colocación de un biomaterial está asociado a un pronóstico notablemente favorable si lo comparamos con la resección apical únicamente dejando la gutapercha como material de obturación en una cirugía periapical (14).

Biomateriales para obturación retrógrada

Desde el punto de vista clínico, la obturación hermética de la porción apical está directamente relacionada con la filtración bacteriana, y como consecuencia también de la contaminación de los tejidos periapicales, primeramente, la filtración bacteriana se ve disminuida si el material de obturación retrógrada posee baja porosidad, así como las características de superficie del material de obturación retrógrada están relacionadas con su potencial de adherirse a la dentina apical, por lo tanto, el pronóstico de las cirugías periapicales de ha visto incrementado con la introducción de materiales biocerámicos (9).

Los cementos endodónticos que son colocados de manera permanente en el conducto radicular deben bloquear efectivamente las vías de comunicación entre el sistema de conductos y los tejidos circundantes para garantizar el éxito del tratamiento a largo plazo, el cual depende directamente de las cualidades del cemento que no solo previene la salida de la bacteria y sus productos, también promueve la cicatrización y formación de un periodonto sano a través de su superficie (7,15).

Los criterios para la elección del material ideal de uso en endodóntico se han vuelto complejos e incluyen las siguientes características: no tóxico, insoluble en fluidos tisulares, dimensionalmente estable, antibacteriano, inductor de tejido duro, biocompatible, radiopaco y fácil de manejar (7).

De acuerdo con Grossman, un cemento de obturación retrógrada ideal del conducto radicular debería proporcionar lo siguiente: un sellado hermético y tridimensional, estabilidad dimensional, tiempo de fraguado lento para garantizar un tiempo de trabajo suficiente insolubilidad a fluidos tisulares, adherencia adecuada a las paredes del conducto y biocompatibilidad (1).

Los cementos biocerámicos son materiales cerámicos biocompatibles u óxidos metálicos con capacidad de sellado mejorada, actividad antibacteriana y antimicótica aplicada para uso en medicina y odontología, cuyo prefijo “bio” se refiere a su biocompatibilidad. Tienen

la capacidad de funcionar como tejidos humanos o de reabsorberse y estimular la regeneración de tejidos, es decir, son bioactivos (16).

El término material bioactivo de acuerdo a la definición de Hench, es aquel material que provoca una respuesta biológica específica en la interfaz del material, estimulando la regeneración de tejidos vivos, como resultado del vínculo formado entre los tejidos vivos y el material. De acuerdo con Kokubo y Takadama, los materiales bioactivos son aquellos que formaran apatita carbonatada después de sumergirse en una solución similar al suero, formando enlaces químicos directos con el hueso o tejidos blandos de un organismo, como resultado de la reacción del hidróxido de calcio con los fosfatos de calcio y fluidos tisulares (17).

Los términos "biocerámico", "Agregado de trióxido mineral" (MTA, por sus siglas en inglés) y "cemento de silicato de calcio" pueden ser confusos, ya que no todas las propiedades se comparten entre dichos materiales. Las diferentes composiciones de los cementos, las variaciones en la distribución del tamaño, como el tamaño de partícula, espesantes, acelerantes y otros componentes que pueden afectar las propiedades de manejo y las reacciones de configuración que dan como resultado a variaciones en su rendimiento. Históricamente los cementos catalogados como biocerámicos surgen a partir de la composición del Cemento Portland (16).

Estos biomateriales son ahora el material de elección para recubrimientos pulpaes, pulpotomías, reparación de perforaciones, material de obturación retrógrada y obturaciones de dientes inmaduros con ápices abiertos, además pueden ser utilizados para dientes maduros con ápices cerrados como material de obturación del conducto (17).

Los cementos biocerámicos utilizados para obturación retrógrada no son sensibles a la humedad ni a la contaminación por presencia de sangre y, por lo tanto, no varía su efectividad con la técnica de obturación. Cuando fraguan, son duros e insolubles, lo que garantiza un sellado superior a largo plazo. El pH de los biocerámicos es superior a 12, esto se debe a la reacción de hidratación que forma hidróxido de calcio y luego se disocia

en iones de calcio e hidroxilo, aun cuando fragua, el material tiene propiedades antibacterianas, se mantiene biocompatible e incluso bioactivo (1,12).

Cuando los materiales biocerámicos entran en contacto con líquidos tisulares, liberan hidróxido de calcio que interactúa con los fosfatos, en los líquidos tisulares, para formar hidroxiapatita, esta última propiedad puede explicar algunas de las propiedades inductivas del tejido duro (12).

Como tema de interés para la evaluación *in vitro* de este estudio, se consideró que el sellado hermético de la porción apical del conducto es el resultado más deseable posterior a un procedimiento de cirugía apical, el cual puede ser influenciado por diversos factores, siendo el principal; el biomaterial de elección como cemento de obturación retrógrada (8).

Endosequence Root Repair Material Putty™

El cemento Endosequence Root Repair Material Putty™ (Brasseler USA, Savannah, GA) es un cemento biocerámico blanco premezclado en pasta, con presentación de 1 y 3 gramos (Figura 2).

Es un material a base de silicato de calcio altamente radiopaco, ya que contiene óxido de zirconio y óxido de tantalio como cargas radiopacas, es dimensionalmente estable, hidrofílico, potencialmente osteogénico y contiene fosfato monocálcico que es responsable de la formación de hidroxiapatita al fraguar (3).

Algunos artículos han demostrado que es el cemento para obturación retrógrada con mayor resistencia a la filtración con una tasa de éxito del 92% (3,18).



Figura 2. Endosequence Root Repair Material Putty™.

Este material presenta excelentes propiedades mecánicas y biológicas. Es un material hidrófilo, insoluble, radiopaco, y por su propiedad hidrofílica requiere de humedad para endurecer. De acuerdo al fabricante este material posee la propiedad de formar hidroxiapatita al fraguar y demanda que es altamente osteogénico. Otra propiedad conocida de este material es su pH, con una escala de 12.7, siendo muy similar al hidróxido de calcio y por lo tanto tiene efectos antibacterianos (18,19).

Noushin Shokouhinejad y cols. compararon la adaptación marginal de nuevos biocerámicos, EndoSequence Root Repair Material™ (putty y pasta) contra MTA como materiales de obturación retrógrada. Quienes obtuvieron como resultado que no existe diferencia significativa entre los tres materiales, pero muestra mayor adaptación marginal Endosequence Root Repair Material Putty™ en comparación con Endosequence Root Repair Material Pasta™ pasta por lo que los autores recomiendan utilizar Endosequence Root Repair Material Putty™ en obturaciones retrógradas (20).

Antunes y cols. por su parte compararon EndoSequence Root Repair Material Putty™ con MTA gris, y concluyeron que Endosequence Root Repair Material Putty™ presenta mayor sellado y por lo tanto mejor adaptación marginal que el MTA gris (21).

Propiedades biológicas del Endosequence Root Repair Material Putty™

Endosequence Root Repair Material Putty™ tiene fuerza de adhesión similar al MTA. La adhesión de Endosequence Root Repair Material Putty™ a la dentina se debe a la formación de retenciones dentro de los tubulillos dentinarios, los cuales actúan como retenciones micromecánicas de anclaje a la dentina (22).

De acuerdo al fabricante Endosequence Root Repair Material Putty™ tiene un tiempo de trabajo de más de 30 minutos y un tiempo de fraguado de aproximadamente 4 horas, se requiere presencia de humedad para que el material frague, el pH de Endosequence Root Repair Material Putty™ se ha reportado de hasta 12.4, a esto a lo que se le atribuye su propiedad antibacteriana durante la reacción de fraguado (22).

En un reciente estudio se demostró que la microdureza del Endosequence Root Repair Material Putty™ se puede ver afectada por un ambiente ácido, resultando en mayor porosidad y menos formación de cristales de hidroxiapatita (22).

La citotoxicidad del Endosequence Root Repair Material Putty™ ha sido evaluada en estudios recientes. Se ha comprobado que Endosequence Root Repair Material Putty™ tiene mínima toxicidad en diferentes líneas de células de manera *in vitro*, esto similar a MTA Y MTA Angelus.

En un estudio *in vivo* realizado en modelos animales se comparó el efecto cicatrizante del MTA Y el ER Endosequence Root Repair Material Putty™ utilizándolos como material de obturación retrógrada, los resultados mostraron que Endosequence Root Repair Material Putty™ logró mejor respuesta de cicatrización tisular comparado con MTA, la razón es debido a sus propiedades inductivas de mineralización, acelerando la aposición de tejido parecido al cemento en la superficie apical, acompañado de ligamento periodontal y hueso. Sin embargo, en un estudio radiográfico no se observó diferencia significativa. En un estudio comparativo de Endosequence Root Repair Material Putty™ Y MTA se observó un efecto antibacteriano similar sobre cepas de *Enterococcus faecalis*. En otro estudio se reportó que tanto Endosequence Root Repair Material Putty™ como MTA tienen una actividad antifúngica muy similar (22).

NeoMTA®

El cemento biocerámico NeoMTA® (Avalon Biomed Inc., Bradenton, FL, USA) contiene en su presentación 3 gramos de polvo y 4 cc de líquido en gel (Figura 3). Está fabricado a base de silicato tricálcico que ha sido modificado para mejorar sus propiedades, con un polvo más fino y con un gel a base de agua que facilita su manejo, por lo tanto, incrementa su capacidad de sellado, ya que el polvo más fino otorga menos porosidad, tiene mayor estabilidad al utilizarlo como material de obturación retrógrada, promoviendo la regeneración tisular y periodontal. La consistencia que otorga esta combinación puede ser utilizada más fácilmente como cemento para obturación retrógrada. NeoMTA® contiene óxido de tantalio como radiopacador en lugar de óxido de bismuto, lo que previene una decoloración dental (23,24).

El cemento biocerámico NeoMTA® Plus ha sido nombrado por The Dental Advisor como el "Mejor producto" para la categoría de cemento endodóntico por cuarto año consecutivos (2015-2018) (25).

NeoMTA® mostró una mejora y capacidad de liberar calcio y aumentar el pH a valores alcalinos que el ProRoot MTA. La propiedad de liberación de iones está ligada a su polvo más fino, porosidad, absorción de humedad, solubilidad y la formación de minerales de fosfato de calcio (7).



Figura 3. NeoMTA®.

JUSTIFICACIÓN

A lo largo de la historia se han utilizado diversos materiales en endodoncia para el sellado en obturación retrógrada con el fin de encontrar un material que reúna las características ideales para lograr un sellado hermético. A la fecha, los materiales biocerámicos a base de MTA han demostrado tener propiedades más destacadas para ser utilizados como materiales de obturación retrógrada, sin embargo, su difícil manipulación hace necesaria la búsqueda de nuevos materiales con características similares a estos biocerámicos, pero con propiedades mejoradas. A la fecha existe una variedad de cementos biocerámicos en el mercado cuyas casas comerciales aseguran su fácil manipulación, así como poseer una alta capacidad de sellado en obturación retrógrada. Sin embargo, para muchos de ellos no existen estudios experimentales que rectifiquen su eficiencia. Considerando lo anterior, el presente estudio se enfoca en la evaluación *in vitro* de la capacidad de sellado de los cementos NeoMTA® y Endosequence Root Repair Material Putty™ en obturación retrógrada.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La clave del éxito de una obturación retrógrada depende de la capacidad de sellado que brinden los biomateriales en la porción apical, por lo tanto, en el presente trabajo de investigación se plantea la evaluación *in vitro* de la eficacia de sellado de los cementos NeoMTA® y Endosequence Root Repair Material Putty™ como cementos para obturación retrógrada. La información obtenida a partir de este proyecto puede ser de interés clínico para estudios posteriores.

Por lo que nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Cuál de los cementos biocerámicos NeoMTA® o Endosequence Root Repair Material Putty™ tiene mayor capacidad de sellado en obturación retrógrada?

HIPÓTESIS**Hipótesis de trabajo:**

La caracterización planteada en este trabajo de investigación nos permitirá evaluar la eficacia de sellado de los cementos NeoMTA® y Endosequence Root Repair Material Putty™ como materiales para obturación retrógrada.

Hipótesis nula (H0)

No se encontrará diferencia estadísticamente significativa al comparar la eficacia de sellado de los dos cementos objeto de estudio, con un nivel de confianza del 95%.

Hipótesis alternativa (H1)

Se encontrará diferencia estadísticamente significativa al comparar la eficacia de sellado de los dos cementos objeto de estudio, con un nivel de confianza del 95%.

OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo general de este proyecto de investigación es evaluar la capacidad de sellado en obturación retrógrada de los cementos biocerámicos NeoMTA® y Endosequence Root Repair Material Putty™ mediante estudios *in vitro*.

Objetivos específicos

- 1.- Realizar la obturación retrógrada a órganos dentarios empleando los cementos biocerámicos NeoMTA® y Endosequence Root Repair Material Putty™.
- 2.- Evaluar la filtración en órganos dentarios con obturación retrógrada tras su inmersión en tinta de azul de metileno (1%) por un periodo de 7 días.
- 3.- Evaluar por SEM la interfase cemento-dentina en órganos dentarios con obturación retrógrada.

VARIABLES**Variable independiente**

1. Tipo de cemento.

Variable dependiente

1. Grado de filtración de la tinta de azul de metileno al 1%.
2. Interfase entre el material de obturación retrógrada y la pared dentinaria del ápice.

Operación de variables

A los cementos objeto de estudio se les evaluará la capacidad de sellado en obturación retrógrada. Para su análisis, las muestras serán obturadas siguiendo las recomendaciones del fabricante y posterior a su inmersión en tinta de azul de metileno al 1% serán evaluadas con el programa ImageJ. Se evaluará la interfase de ambos cementos por medio de imágenes obtenidas por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y su composición elemental por medio de Espectroscopía de Dispersión de Rayos X (EDX).

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio

Experimental

Universo de estudio

50 órganos dentarios uniradiculares divididos en 6 grupos:

3 grupos fueron empleados para los ensayos de filtración con tinta azul de metileno al 1%:

Grupo 1: órganos dentarios con retropreparación y obturación retrógrada con el cemento Endosequence Root Repair Material Putty™ (n =15).

Grupo 2: órganos dentarios con retropreparación y obturación retrógrada con el cemento NeoMTA® (n =15).

Grupo 3: órganos dentarios sin retropreparación y sin obturación retrógrada (n =15).

3 grupos fueron empleados para la evaluación de la interfase cemento biocerámico-dentina por Microscopía Electrónica de Barrido:

Grupo 4: órganos dentarios con retropreparación y obturación retrógrada con el cemento Endosequence Root Repair Material Putty™ (n =2).

Grupo 5: órganos dentarios con retropreparación y obturación retrógrada con el cemento NeoMTA® (n =2).

Grupo 6: órgano dentario sin retropreparación y sin obturación retrógrada (n =1) .

Criterios de inclusión

Premolares uniradiculares de reciente extracción, con raíces completas y rectas, sin tratamiento de conductos previo.

Criterios de exclusión

Premolares que presenten 2 raíces o 2 conductos, con tratamiento endodóntico previo, fracturados o con reabsorción radicular, premolares con curvaturas apicales muy marcadas o con caries radicular.

Criterios de eliminación

Desalojo del material de obturación retrógrada o fractura de la raíz durante la experimentación.

Materiales

Se utilizaron 50 órganos dentarios uniradiculares con un solo conducto, verificados con un radiovisógrafo (New IDA), los órganos dentarios fueron decoronados con un disco de diamante de 0.20 mm de grosor. Para el trabajo biomecánico se utilizaron limas tipo k #10 e instrumentos rotatorios Protaper Next (Dentsply, Maillefer) impulsados por un motor endodóntico (Elements Motor, Kerr), Endoring y puntas de papel #30 (Sybron Endo), se irrigaron con NaOCl al 5.25% y EDTA al 17%. Fueron obturados con puntas de Gutapercha 30/06 y accesorias FF (Hygienic, Coltene) con cemento endodóntico AH Plus (Dentsply) y un espaciador MA 57 (Hu-Friedy). Para la apicectomía se utiliza una pieza de alta velocidad con irrigación (W&H Alegria) y se realiza una retropreparación con el ultrasonido NSK Varios Lux 370. La obturación retrógrada se realizó dentro de una cámara de flujo laminar (LABCONCO, Purifier class II biosafety cabinet) y se utilizaron los cementos Endosequence Root Repair Material Putty™ (Brasseler, USA) y NeoMTA® (Nusmile, USA) en sus respectivos grupos. Para la experimentación de resistencia a la filtración se utilizó tinta de azul de metileno al 1% (American regent laboratories, inc.) y una incubadora (Thelco), se observan los órganos dentarios sobre una hoja milimétrica y se obtienen las imágenes con una cámara fotográfica Canon EOS REBEL T6 58 mm. adaptada con un lente macro commander optics high definition 0.43X. finalmente se observó la interfase utilizando un Microscopio electrónico de barrido de emisión de campo JEOL modelo JSM-7800F Prime (Instituto Tecnológico, campus Tijuana).

Metodología

Preparación de las muestras

Para este estudio *in vitro* se utilizaron un total de 50 órganos dentarios uniradiculares de reciente extracción (Figura 4), los cuales se mantuvieron hidratados en solución salina hasta su uso. Se obtuvieron imágenes radiográficas para asegurar que cumplieran con los criterios de inclusión (Figura 5).



Figura 4. Órganos dentarios recolectados para la evaluación in vitro.

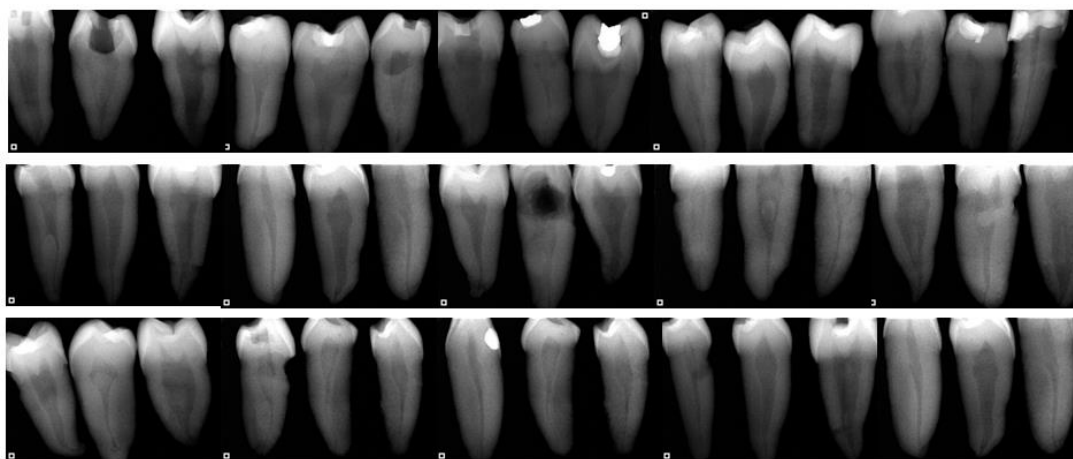


Figura 5. Radiografías iniciales.

Se estandarizaron los órganos dentarios, removiéndoles la corona clínica con un disco de diamante a nivel de la unión amelocementaria (Figura 6A). A continuación, se patentizaron los conductos con una lima manual tipo K #10 hasta visualizarse su salida por el foramen apical y se le restó 1 mm para establecer su longitud de trabajo (Figura 6B). Los conductos fueron preparados por instrumentos rotatorios Protaper Next según la secuencia del fabricante y se ensancharon hasta la lima F3 (punta calibre #30 con conicidad del 9%) (Figura 6C).

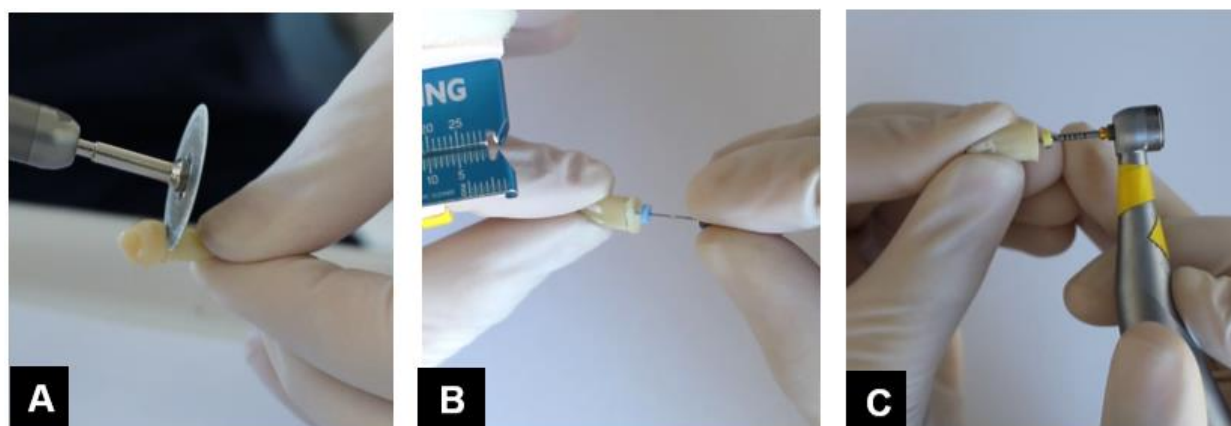


Figura 6. Preparación de los órganos dentarios.

Los conductos se irrigaron con 1 ml de hipoclorito de sodio al 5.25% entre cada instrumento rotatorio. Al terminar la instrumentación, se irrigó con 1 ml de EDTA al 17% y posteriormente se secaron los conductos con puntas de papel estandarizadas #30 .

Los conductos fueron obturados por un solo operador con técnica de condensación lateral, utilizando como cono principal una punta de gutapercha #30-06 y realizando condensación lateral con un espaciador MA 57, se le agregaron puntas accesorias de calibre FF, utilizando como cemento endodóntico AH Plus.

Preparación y obturación de la cavidad retrógrada

Una vez obturados los conductos radiculares, se realizó la resección de los 3 mm apicales (apicectomía) de las 50 órganos dentarios con una fresa de carburo #169 en una pieza de alta velocidad con irrigación (Figura 7). Se dividieron aleatoriamente las raíces de la siguiente manera: Para los ensayos de filtración con tinta de azul de metileno al 1%: Grupo 1: órganos dentarios con obturación retrógrada con el cemento biocerámico Endosequence Root Repair Material™ (n=15). Grupo 2: órganos dentarios con obturación retrógrada con el cemento biocerámico NeoMTA® (n=15). Grupo 3: órganos dentarios sin retropreparación ni obturación retrógrada (grupo control) (n=15).

Para la evaluación de la interfase cemento biocerámico-dentinaria con Microscopia Electrónica de Barrido: Grupo 4: órganos dentarios con obturación retrógrada con el cemento biocerámico Endosequence Root Repair Material Putty™ (n=2). Grupo 5: órganos dentarios con obturación retrógrada con el cemento biocerámico NeoMTA® (n=2). Grupo 6: órganos dentarios sin retropreparación ni obturación retrógrada (grupo control) (n=1).



Figura 7. Apicectomía.

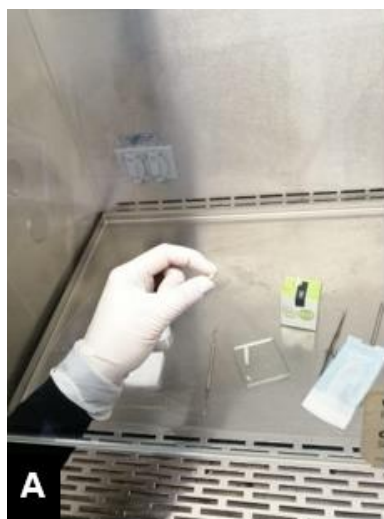


Figura 8. Obturación retrógrada de los órganos dentarios.

Las raíces del Grupo 1, 2, 4 Y 5 fueron obturadas siguiendo las especificaciones del fabricante de los cementos de obturación retrógrada correspondientes dentro de una cámara de flujo laminar (Figura 8A) para mantener la obturación lo más aséptica posible. El material fue llevado a la cavidad con un transportador de MTA (Figura 8B) y posteriormente fue condensado suavemente con un compactador, removiendo el exceso de material con una espátula de metal y una torunda de algodón húmeda (Figura 8C).

Una vez fraguados los cementos de obturación retrógrada se impermeabilizaron todas las raíces colocándoles barniz de uñas transparente a excepción del milímetro apical y se dejaron secar por 4 horas.

Todos los grupos fueron colocados posterior a su obturación retrógrada en un tubo eppendorf de 1.5 ml. con agua bidestilada durante 72 horas en una incubadora a 37 °C para asegurar su fraguado (Figura 9). Después de 72 horas las muestras se retiraron de la incubadora y el agua bidestilada fue removida de los tubos eppendorf.



Figura 9. Tubo eppendorf de 1.5 ml con agua bidestilada y órgano dentario.

Ensayos de filtración con tinta azul de metileno al 1%.



Figura 10. Separación aleatoria de muestras.

El agua bidestilada de todos los grupos (1-3) fue sustituida por tinta de azul de metileno al 1%, vertiéndolo sobre el tubo cuidadosamente con una jeringa hipodérmica para obtener tinta hasta el tercio medio de la raíz (Figura 11) y se dejaron en incubación a 37 °C por 7 días. Después de 7 días, los órganos dentarios se retiraron de la incubadora (Figura 12) y se lavaron cuidadosamente con agua corriente y jabón para eliminar el exceso de azul de metileno, después fueron cortados sagitalmente con un micromotor y un disco de diamante de 0.20 mm de grosor sin irrigación para evitar el deslavado del azul de metileno y contaminación del material de obturación.

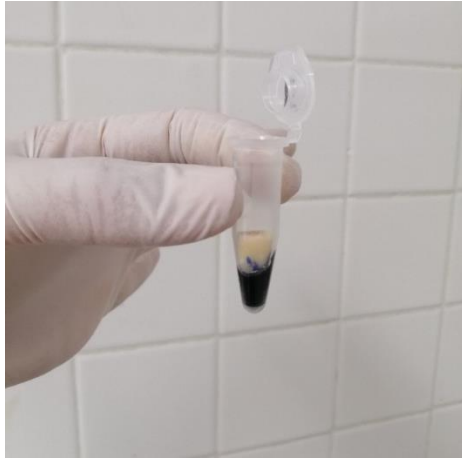


Figura 11. Colocación de muestras en tinta de azul de metileno al 1%.



Figura 12. Muestras en incubación.

Análisis por imagen de la longitud de filtración con tinta del azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular

Después de ser seccionadas sagitalmente las muestras que fueron incubadas en la tinta de azul de metileno al 1%, se colocaron sobre una hoja milimétrica y se obtuvieron fotografías con una cámara Canon, las fotografías adquiridas de cada muestra fueron importadas individualmente al programa ImageJ como archivo JPG para mantener la calidad de imagen (Figura 13A). La herramienta de medición fue calibrada con ayuda de la cuadrícula de la hoja milimétrica (10 mm) previo al trazado y medición de las líneas de los segmentos de filtración (Figura 13B). Para realizar la medición, se trazó una línea desde el ápice hasta el último punto de filtración del azul de metileno a lo largo del conducto (Figura 13C). Se repite el procedimiento con los 15 especímenes de cada grupo y se obtienen los resultados de cada grupo (Figura 13D).

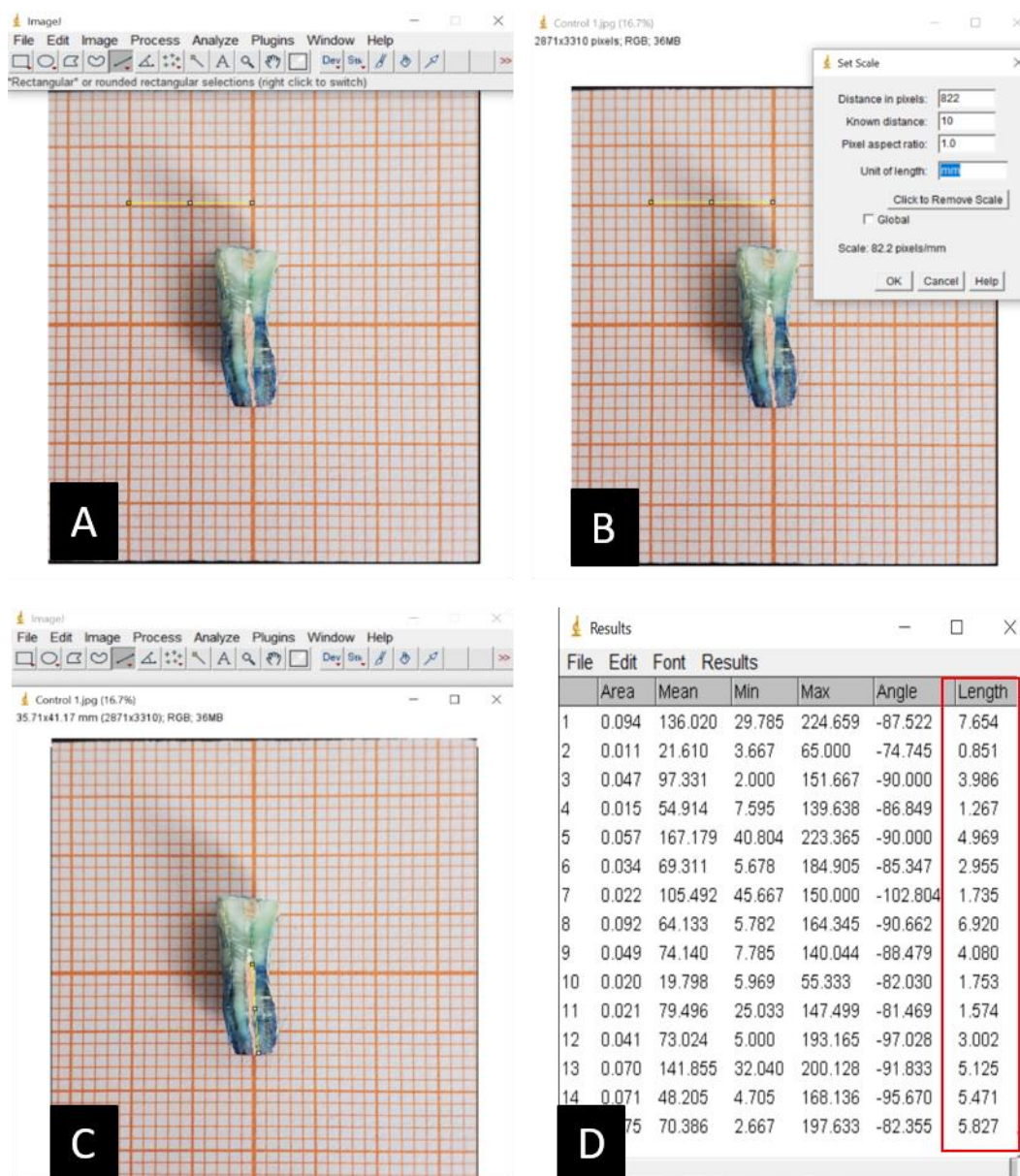


Figura 13 Análisis de imagen.

En la imagen se observa ejemplificado un órgano dentario de control, donde se obtuvo la longitud de filtración de la tinta de azul de metileno por medio del programa ImageJ, se puede observar en la Figura 13A la calibración a 10 mm marcada con una línea amarilla y los resultados otorgados por el mismo programa en Figura 13D marcados en un recuadro rojo.

Evaluación de la interfase cemento biocerámico-dentina por Microscopía Electrónica de Barrido

Para la evaluación de la interfase cemento biocerámico-dentina se tomaron los órganos dentarios del Grupo 4 (Endosequence Root Repair Material Putty™) y del Grupo 5 (NeoMTA®), el Grupo 6 (Grupo control) se descartó su observación en el Microscopio Electrónico de Barrido.

Se prepararon los órganos dentarios del Grupo 3 y Grupo 4 con su correspondiente obturación retrógrada y se realizó un corte transversal de los 3 mm apicales con un disco de diamante de 0.20 mm de grosor y a su vez, los 3 mm apicales se cortaron verticalmente por la mitad para su observación en el microscopio electrónico de barrido. Se tomaron las muestras y se colocaron en incubadora a 37 °C por 48 horas y posteriormente se colocaron en un esterilizador con calor seco a 44 °C por 24 horas para eliminar la humedad de las muestras.

Para el análisis de la interfase de las muestras se utilizó un Microscopio Electrónico de Barrido de emisión de campo (Figura 14).



Figura 14. Microscopio Electrónico de Barrido de emisión de campo JEOL modelo JSM-7800F Prime.

Para el análisis de la interfase, las muestras fueron montadas en un STUB (cilindro porta muestras de cobre) fijándolas con cinta adhesiva de carbono (Figura 15A), después se introducen a una cámara NOVASCAN PSD para su desinfección por medio un sistema que combina rayos ultravioleta con ozono durante 60 minutos (Figura 15B). Se coloca el STUB dentro del Microscopio Electrónico de Barrido y se analizan las muestras individualmente (Figura 16). Se obtuvieron imágenes de la porción apical, media y cervical de las obturaciones retrógradas y a su vez, de cada tercio se realizaron 3 mediciones para obtener un promedio de la medida de interfase entre el material de obturación retrógrada y la dentina apical de las raíces, esto por medio del programa ImageJ tomando las medidas de la distancia entre en material de obturación retrógrada y la pared dentinaria apical.

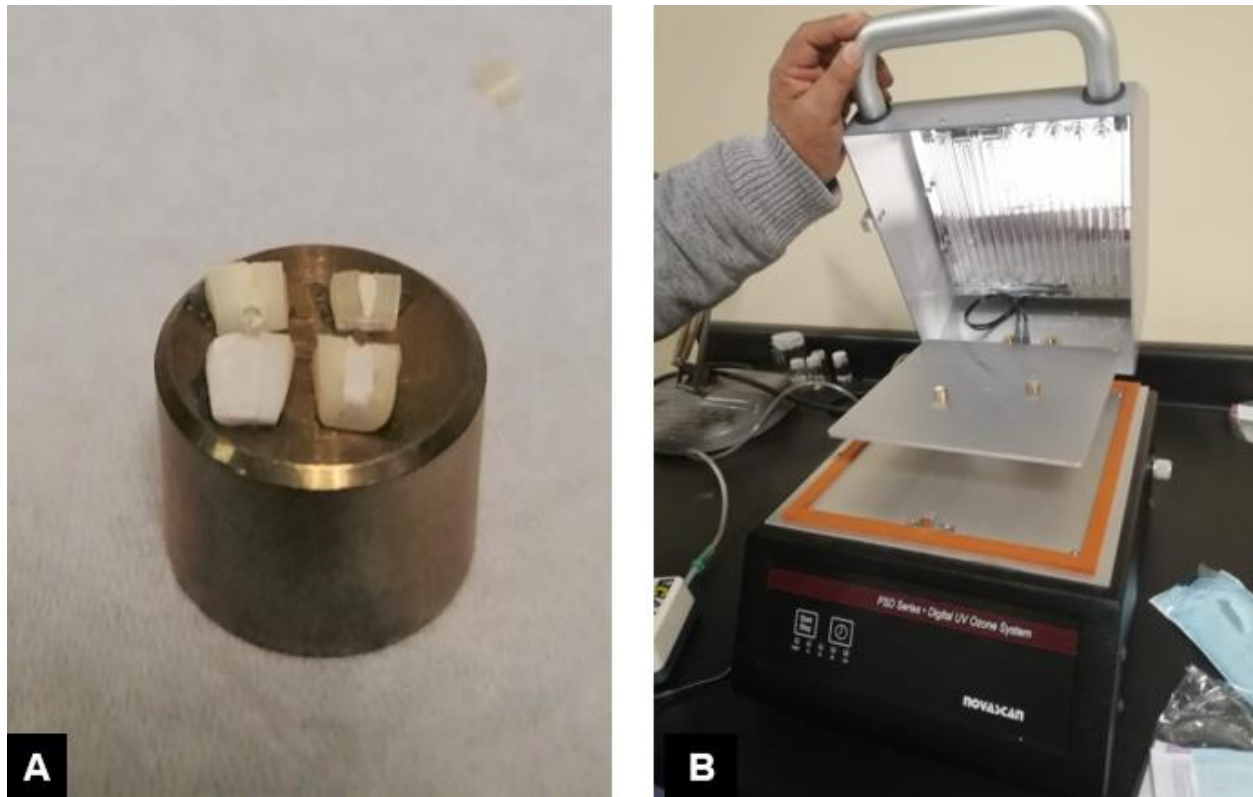


Figura 15. Muestras fijadas en STUB y se desinfección en cámara de rayos ultravioleta.



Figura 16. Inserción del STUB dentro del Microscopio Electrónico de Barrido.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de la filtración fue llevado a cabo empleando el Método de Análisis de la Varianza (ANOVA) de un factor en conjunto con el método post hoc Tukey. La diferencia estadística fue considerada como significativa a $p < 0.05$.

RESULTADOS

Análisis por imagen de la longitud de filtración con tinta del azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular

Después de 7 días de incubación de los especímenes en tinta de azul de metileno al 1% fueron evaluados por medio de las imágenes analizadas en el programa ImageJ (Figura 17), los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

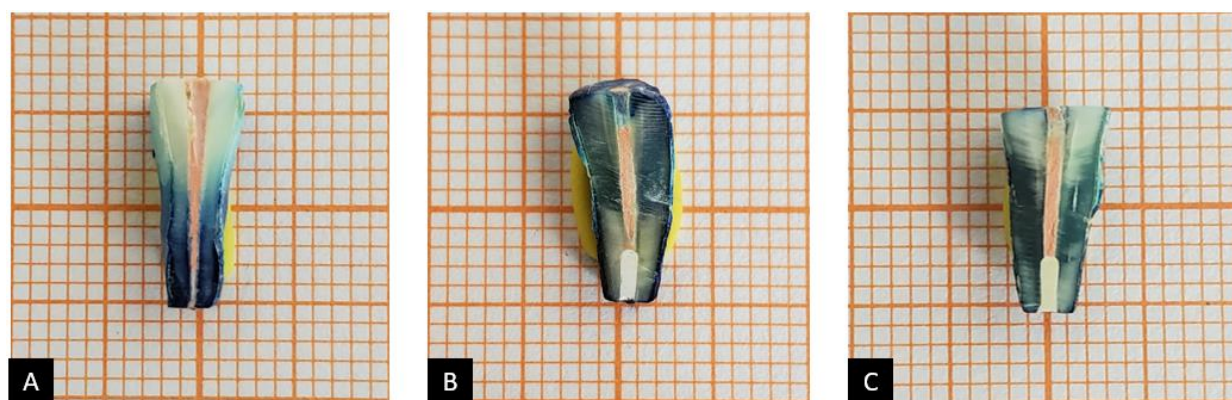


Figura 17. Análisis por imagen de los órganos dentarios en tinta de azul de metileno al 1%.

En la imagen se muestra: A) órgano dentario de control, sin retropreparación ni obturación retrógrada. B) órgano dentario obturado con el cemento Endosequence Root Repair Material Putty™, C) órgano dentario obturado con el cemento NeoMTA®.

Muestra	Filtración (mm)	Muestra	Filtración (mm)	Muestra	Filtración (mm)
Control 1	7.65	ERRM 1	0.30	NeoMTA 1	1.45
Control 2	0.85	ERRM 2	2.81	NeoMTA 2	3.37
Control 3	3.98	ERRM 3	0.55	NeoMTA 3	1.79
Control 4	1.26	ERRM 4	1.87	NeoMTA 4	0.31
Control 5	4.96	ERRM 5	1.10	NeoMTA 5	0.13
Control 6	2.95	ERRM 6	0.55	NeoMTA 6	0.17
Control 7	1.73	ERRM 7	3.68	NeoMTA 7	0.55
Control 8	6.92	ERRM 8	0.21	NeoMTA 8	0.89
Control 9	4.08	ERRM 9	0.85	NeoMTA 9	1.61
Control 10	1.75	ERRM 10	0.55	NeoMTA 10	0.24
Control 11	1.57	ERRM 11	0.34	NeoMTA 11	1.31
Control 12	3.00	ERRM 12	0.25	NeoMTA 12	0.75
Control 13	5.12	ERRM 13	1.50	NeoMTA 13	0.17
Control 14	5.47	ERRM 14	0.03	NeoMTA 14	0.08
Control 15	5.82	ERRM 15	0.27	NeoMTA 15	1.01
Promedio:	3.81	Promedio:	1.00	Promedio:	0.93

Tabla 1. Resultados de las pruebas de filtración con tinta de azul de metileno al 1% después de 7 días de incubación.

En lo que respecta a la determinación de la filtración utilizando la tinta de azul de metileno al 1% por medio del análisis de imagen, el cemento de obturación retrógrada Endosequence Root Repair Material Putty™ tiene un promedio de filtración de 1 mm, mientras que el cemento de obturación retrógrada NeoMTA® exhibió un promedio de filtración de 0.93 mm. Por lo tanto, se demostró que entre los cementos Endosequence Root Repair Material Putty™ Y NeoMTA® no existe diferencia significativa comprobando la hipótesis nula (H0), en cambio, si existe diferencia significativa si los comparamos con raíces sin obturación retrógrada (Figura 18).

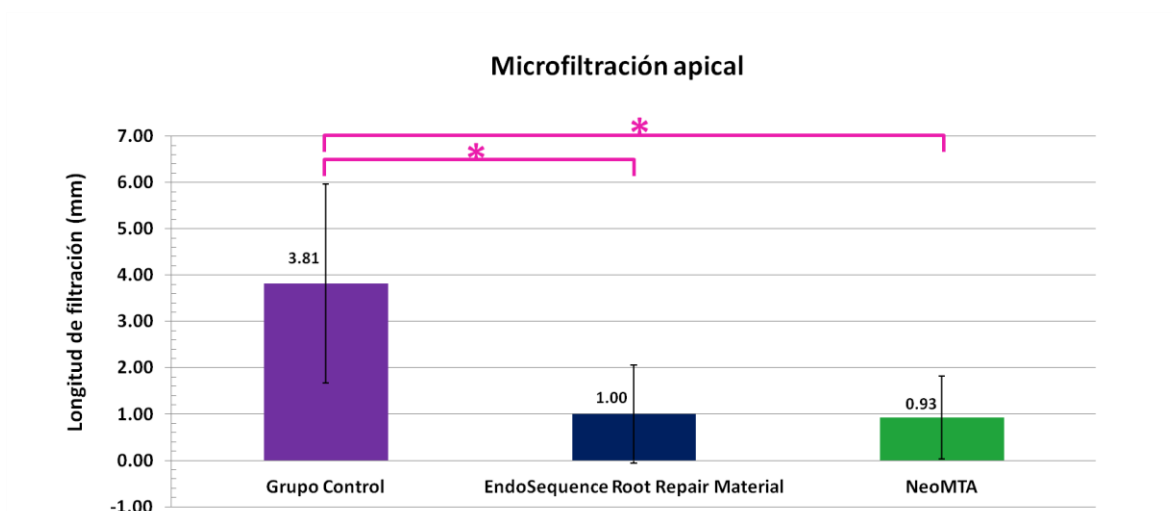


Figura 18. Microfiltración apical en órganos dentarios con obturación retrógrada con los cementos Endosequence Root Repair Material Putty™ y NeoMTA® tras su inmersión en tinta de azul de metileno por 7 días.

Las columnas de la gráfica representan el promedio de los resultados obtenidos y las barras verticales representan la desviación estándar (n=15). Los asteriscos (*) representan los casos donde se encontró diferencia significativa tras las comparaciones (* $p < 0.05$).

Evaluación de la interfase cemento biocerámico-dentina por Microscopía Electrónica de Barrido

Las medidas de la interfase cemento biocerámico-dentinaria obtenidas de las imágenes del Microscopio Electrónico de Barrido, analizadas por el programa ImageJ se observan en la siguiente grafica.

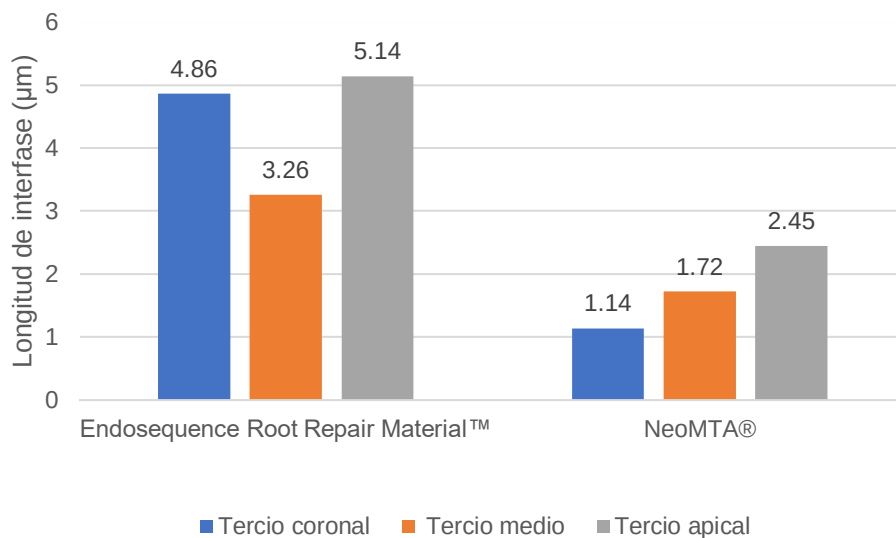


Figura 19. Espacio de interfase entre el cemento de obturación retrógrada y la pared dentinaria.

En la gráfica podemos observar los promedios de la medida de interfase por tercio de cada cemento ejemplificando con color gris el tercio apical, con anaranjado el tercio medio y con azul el tercio coronal de cada muestra evaluada.

El promedio general de la interfase de los cementos Endosequence Root Repair Material Putty™ y NeoMTA® se observan en la Tabla 2.

Cemento	Tercio	Interfase (μm)
Endosequence Root Repair Material	Coronal	4.86
	Medio	3.26
	Apical	5.14
NeoMTA	Coronal	1.14
	Medio	1.72
	Apical	2.45

Tabla 1 Promedio de separación de la interfase por tercios (μm).

Se muestran las imágenes obtenidas del Microscopio Electrónico de Barrido donde se observa la totalidad de la interfase de la obturación retrógrada con el cemento biocerámico Endosequence Root Repair Material Putty™ y sus respectivos tercios (Figura 20). El espacio de la interfase entre el cemento de obturación retrógrada y la dentina fue medido por tercios y se obtuvo el siguiente promedio: tercio coronal 4.86 μm , tercio medio 3.26 μm y tercio apical 5.14 μm .

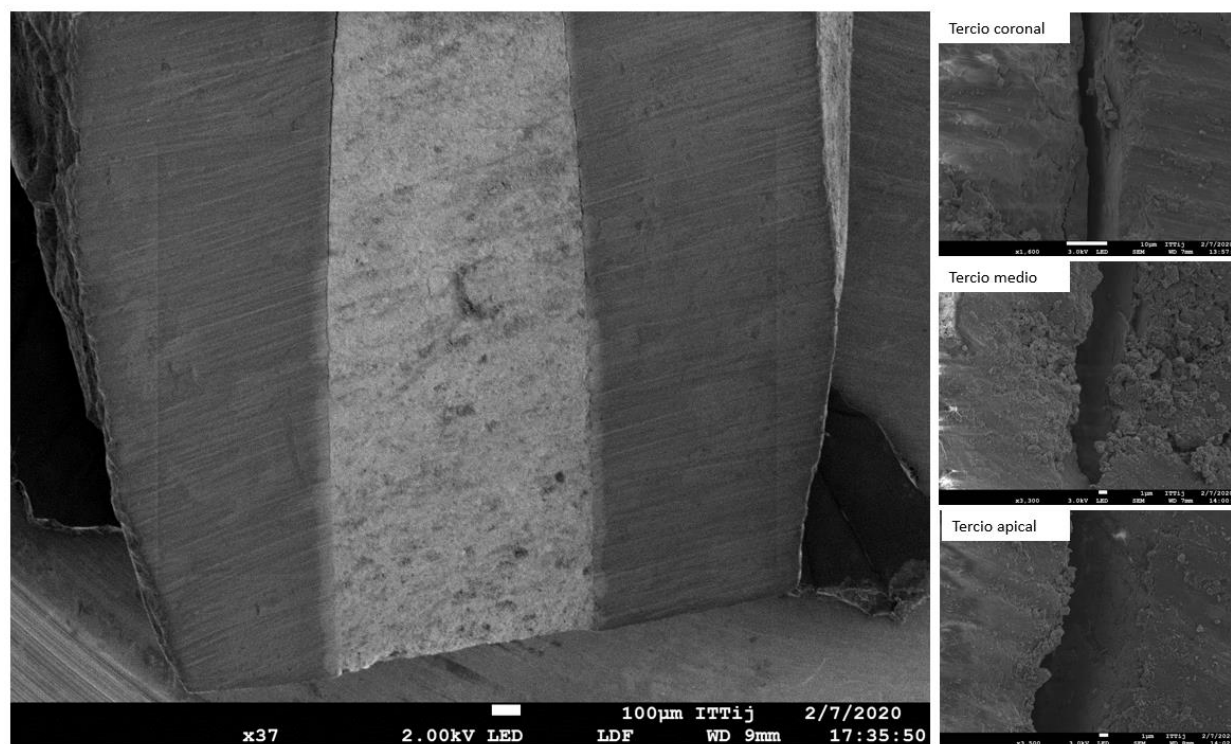


Figura 20. Tercio apical del órgano dentario con obturación retrógrada del cemento Endosequence Root Repair Material Putty con acercamiento en cada tercio respectivamente.

El espacio de la interfase entre el cemento biocerámico de obturación retrógrada NeoMTA®, y la dentina fue medido por tercios y se obtuvo el siguiente promedio: Tercio coranal 1.14 μm , tercio medio 1.72 μm y tercio apical 2.45 μm (Figura 21).

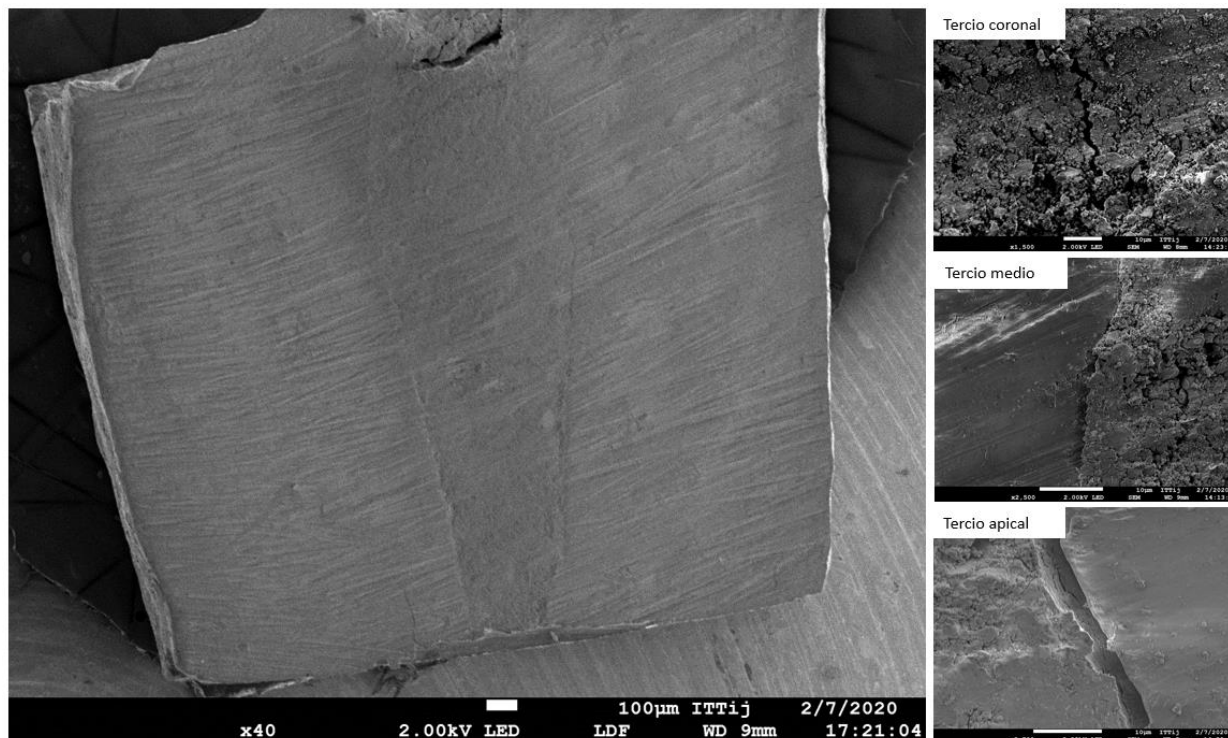


Figura 21. Tercio apical del órgano dentario con obturación retrógrada del cemento NeoMTA® con acercamiento en cada tercio respectivamente.

Se observaron las superficies de ambos cementos biocerámicos (Figura 22).

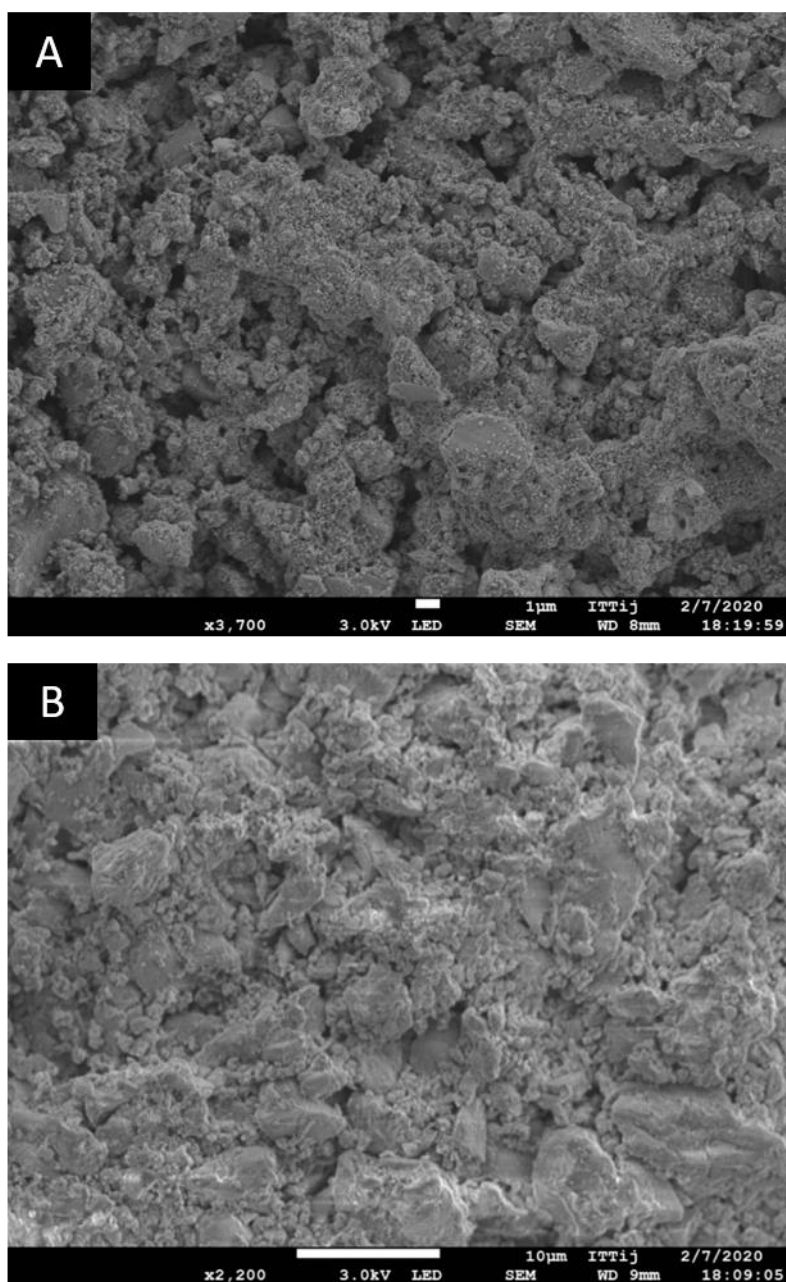
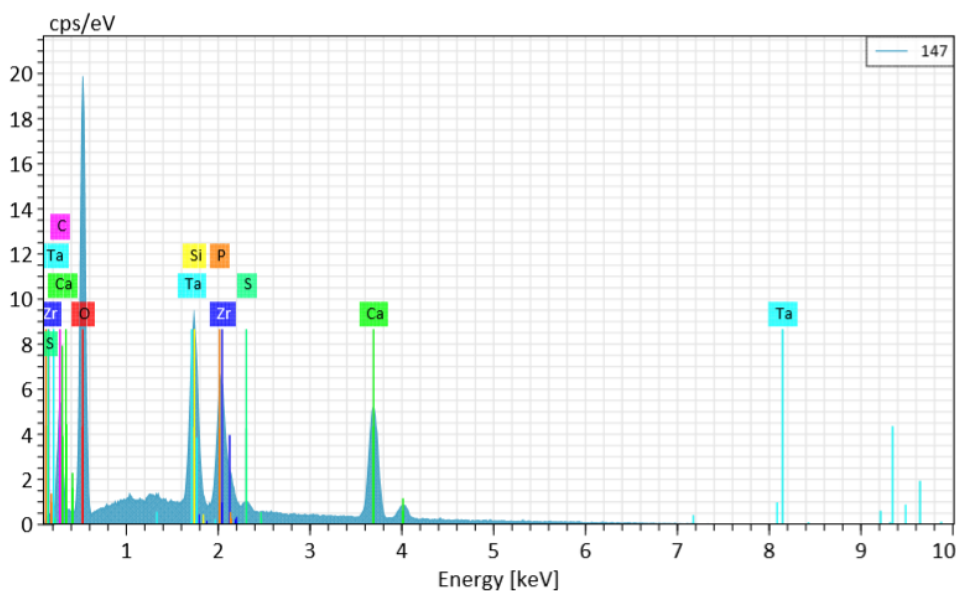


Figura 22. Superficie de los cementos de obturación retrógrada. A) Endosequence Root Repair Material™ y B) NeoMTA®.

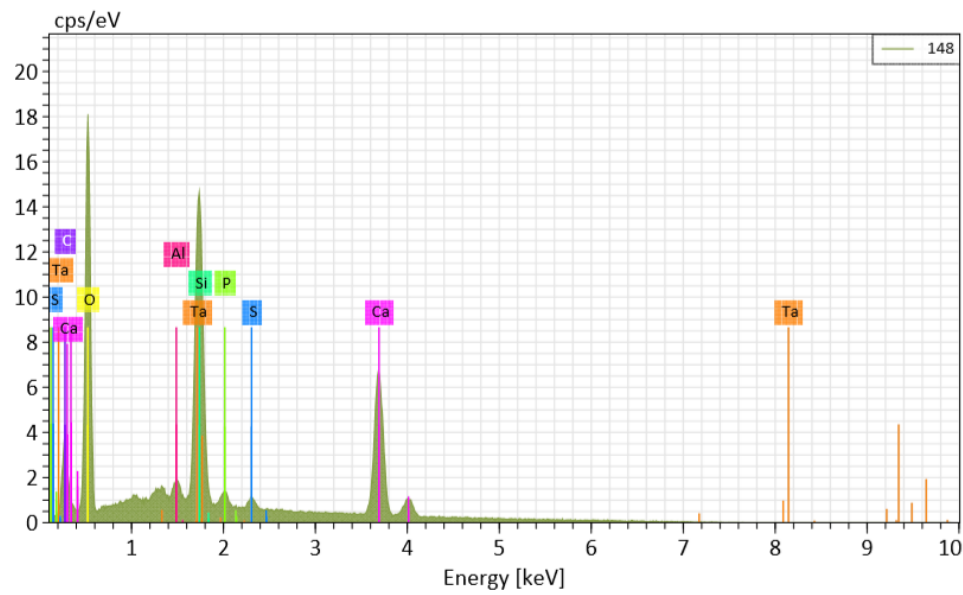
Adicionalmente, se realizó un estudio de Microscopía Electrónica de Barrido - Espectroscopía de Dispersión de Rayos X (SEM-EDX, por sus siglas en inglés) para determinar la composición química de ambos cementos biocerámicos (Figura 23-24). Ambos cementos contienen estructura elemental muy similar siendo el compuesto principal de ambos cementos de obturación retrógrada el Calcio (Ca), y siendo su principal diferencia la presencia de Zirconio en el cemento Endosequence Root Repair Material Putty™ y Aluminio en el cemento NeoMTA®, los cuales se utilizan para radiopacidad.



147

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Oxygen	8	45119	29.19	33.06	51.81	3.49	11.97
Calcium	20	24212	24.07	27.26	17.05	0.96	4.00
Zirconium	40	17251	10.03	11.36	3.12	0.42	4.20
Tantalum	73	15107	7.59	8.59	1.19	0.36	4.69
Carbon	6	10104	7.10	8.04	16.78	1.02	14.33
Silicon	14	16215	6.31	7.14	6.38	0.29	4.63
Phosphorus	15	10328	3.48	3.94	3.19	0.17	4.80
Sulfur	16	1373	0.54	0.61	0.48	0.05	9.68
Sum			88.29	100.00	100.00		

Figura 23. SEM-EDX del cemento Endosequence Root Repair Material™.



148

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Calcium	20	30215	29.44	32.57	21.65	1.17	3.96
Oxygen	8	39834	27.97	30.94	51.53	3.38	12.09
Tantalum	73	29227	15.98	17.68	2.60	0.71	4.44
Silicon	14	24265	10.31	11.41	10.82	0.46	4.43
Carbon	6	6916	4.62	5.11	11.33	0.71	15.35
Aluminium	13	2763	0.78	0.86	0.85	0.07	8.43
Phosphorus	15	1869	0.69	0.77	0.66	0.06	8.51
Sulfur	16	1481	0.61	0.67	0.56	0.06	9.12
Sum			90.39	100.00	100.00		

Figura 24 SEM-EDX del cemento NeoMTA®.

DISCUSIÓN

El fracaso de una cirugía apical es atribuido generalmente a la falta de sellado de los ápices, que es caracterizado por la falta de unión adecuada entre el material de obturación retrógrada y la superficie dental, por esta razón, es necesario el desarrollo de nuevos biomateriales dentales. Cuando un nuevo cemento biocerámico es creado, este debe ser evaluado en comparación con materiales similares para establecer una predictibilidad clínica (26,27).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el nuevo cemento NeoMTA®, comparando su capacidad de sellado en obturación retrógrada con el cemento Endosequence Root Repair Material Putty™ que por sus propiedades físicas ha sido desde el 2010 el material de elección para la obturación retrógrada (3,28,29).

Es importante establecer que la evaluación de la microfiltración apical ha sido criticada por su falta de relevancia clínica, debido al hecho que las filtraciones parecen observarse inevitablemente a pesar de que el éxito clínico sea razonablemente bueno, la medición lineal de la filtración de azul de metileno al 1% es la más utilizada, ya que es relativamente fácil de utilizar, aunque también se puede utilizar tinta india, tinta china, eosina, nitrato de plata al 50%, mercurio, entre otros. En este estudio se utilizó azul de metileno al 1% por la similitud del tamaño de molécula con las bacterias presentes en infecciones periapicales y con la sangre. Un estudio publicado por Moradi y cols. demostró que tanto la técnica de filtración de fluidos como de filtración bacteriana tenían resultados similares sin diferencias significativas en la evaluación de microfiltración apical (25,26).

En otro estudio se evaluó EndoSequence Root Repair Material Putty™ con MTA gris, donde se experimentó con un total de 60 dientes con previa endodoncia. Se les realizó resección apical y retropreparación ultrasónica, se inocularon con *Enterococos faecalis* y posteriormente se obturaron 3 grupos de 20 dientes; 20 dientes de grupo control, 20 dientes con obturación retrógrada con EndoSequence Root Repair Material Putty™ y 20 con MTA gris. Posteriormente se incubaron colocando el ápice en un medio de crecimiento de suero bovino y se contaron las unidades de colonias formadas después de 30 días. En el grupo de MTA el 50 % de los especímenes aún tenían bacteria

detectable en los conductos y en el grupo de EndoSequence Root Repair Material Putty™ el 28% de los dientes contenían especímenes bacterianos. El modelo experimental evalúa la filtración marginal al contabilizar las bacterias residuales viables en el conducto, ya que estas podían sobrevivir recibiendo nutrientes del medio de cultivo, por lo tanto, el cemento con mejor capacidad de sellado fue el EndoSequence Root Repair Material Putty™ (21).

Los resultados del análisis por imagen de la longitud de filtración del azul de metileno al 1% al interior del conducto radicular obtenidos en este estudio *in vitro* no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre EndoSequence Root Repair Material Putty™ Y NeoMTA®, en cambio, si existe diferencia significativa si los comparamos con raíces sin obturación retrógrada.

En un estudio *in vitro* se comparó la fuerza de adhesión entre Endosequence Root Repair Material™ y el cemento AH Plus, donde se demostró que el material con mejor adhesión a la pared dentinaria en todos los tercios de la raíz fue el Endosequence Root Repair Material™, siendo notablemente mayor la resistencia a la filtración el tercio apical de la raíz (30).

En un estudio compararon la adaptación marginal de los biocerámicos, EndoSequence Root Repair Material Putty™, EndoSequence Root Repair Material Pasta inyectable™ y MTA como materiales de obturación retrógrada. Se utilizaron 36 dientes extraídos, se les realizó endodoncia, se les realizó apicectomía de 3 mm, se retroperararon con una punta ultrasónica y se retrobturaron con los materiales antes mencionados, en ellos se evaluó por medio de un corte longitudinal de la raíz los espacios de la interfase del material y la dentina por medio de Microscopia Electrónica de Barrido. Como resultado se observó que no existe diferencia significativa entre los tres materiales de obturación retrógrada, pero muestra mayor adaptación marginal el Endosequence Root Repair Material Putty™ en comparación con Endosequence Root Repair Material Pasta™ por lo que los autores recomiendan su uso para obturación retrógrada (31).

El cemento biocerámico NeoMTA® de la casa comercial Avalon es un nuevo cemento biocerámico que tiene una capacidad de sellado similar a la de Endosequence Root Repair Material Putty™. De acuerdo a los resultados obtenidos de las imágenes del microscopio electrónico de barrido cuenta con una interfase menor a la de Endosequence Root Repair Material Putty™, sin embargo, se requiere de ensayos adicionales donde estudie un mayor número de muestras para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa en la interfase entre ambos materiales.

Se realizó un EDX para observar las diferencias elementales de ambos cementos donde se observa una similitud entre ambas composiciones elementales, siendo el elemento principal el Calcio y siendo su principal diferencia la presencia de Zirconio en el cemento Endosequence Root Repair Material Putty™ y Aluminio en el cemento NeoMTA® los cuales se utilizan para radiopacidad, sin embargo, las condiciones ambientales y su estado de fraguado afectan la condición del material y en consecuencia la forma en que interactúa el material con los tejidos. La evaluación elemental *in vitro* puede no ser representativa para una situación clínica (18).

Las diferentes condiciones entre estudios previos como el tipo de almacenamiento, el tiempo transcurrido entre la obturación y la evaluación marginal puede afectar los resultados de los estudios, en el presente estudio se dejó fraguar el cemento durante 3 días en humedad al 100% y se incubó durante 1 semana a 37 °C simulando las condiciones *in vivo*. Sin embargo, las muestras examinadas en el Microscopio Electrónico de Barrido fueron deshidratadas para poder generar una imagen, de igual manera el número de muestras del presente estudio es insuficiente para calcular una estadística entre la adaptación del material de obturación retrógrada y la pared dentinaria determinado por la interfase (20).

Los grupos que mostraron mejor capacidad de sellado tienen de igual manera la menor distancia de interfase. Esta relación implica que el espacio entre la dentina apical y el material de obturación retrógrada juega un papel importante en la capacidad de sellado de los cementos, en el presente estudio, aunque la diferencia no es estadísticamente

significativa, NeoMTA® refleja una menor distancia de interfase y como consecuencia una mayor capacidad de sellado (32).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se llevaron a cabo las pruebas *in vitro* para evaluar la capacidad de sellado de los cementos Endosequence Root Repair Material Putty™ y NeoMTA® por medio de la prueba de filtración con azul de metileno al 1% y la evaluación de la interfase por medio del Microscopio electrónico de Barrido. Las conclusiones se enlistan a continuación:

1. En lo que respecta a los resultados de filtración los ensayos con tinta azul de metileno al 1% no existe diferencia estadísticamente significativa en la capacidad de sellado entre los cementos Endosequence Root Repair Material Putty™ y NeoMTA®.
2. Se observó diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control y los órganos dentarios obturados con los cementos Endosequence Root Repair Material Putty™ y NeoMTA®.
3. Con base en lo anterior, se confirma la hipótesis nula (H0) de este proyecto.
4. Aunque no es posible establecer una estadística con la evaluación de la interfase cemento biocerámico-dentina con Microscopia Electrónica de Barrido por el número de muestras analizadas de los cementos Endosequence Root Repair Material Putty™ y NeoMTA® se observa una interfase de menor tamaño en el cemento de NeoMTA®.

Recomendaciones

Como trabajo futuro, se recomiendan ampliar la muestra para establecer el tamaño de interfase y complementar con estudios adicionales como ensayos bacteriológicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Shen Y, Peng B, Yang Y, Ma J, Haapasalo M. What do different tests tell about the mechanical and biological properties of bioceramic materials? *Endod Top*. 2015;32(1):47–85.
2. Sahli CC, Aguadé EB. Endodoncia Técnicas clínicas y bases científicas. Vol. 53, *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2013. p. 1689–99.
3. Shinbori N, Grama AM, Patel Y, Woodmansey K, He J. Clinical Outcome of Endodontic Microsurgery That Uses EndoSequence BC Root Repair Material as the Root-end Filling Material. *J Endod* [Internet]. 2015;41(5):607–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.12.028>
4. Soares, Ilson Jose FG. Endodoncia, Técnica y Fundamentos.pdf. Editorial Medica Panamericana; 2002. p. 325.
5. Christopher J. R. Stock, Kishor Gulabivala, Richard T. Walter JRG. Atlas De Endodoncia - Odontologia.Pdf [Internet]. Harcourt Brace; 1996. p. 279. Available from: [file:///C:/Users/ANI/Desktop/mas libros/Libros de Endo/Endodoncia/LIBROS/Atlas de Endodoncia.pdf](file:///C:/Users/ANI/Desktop/mas%20libros/Libros%20de%20Endo/Endodoncia/LIBROS/Atlas%20de%20Endodoncia.pdf)
6. Canalda. C, Brau E. Endodoncia. Técnicas Clínicas Y Bases Científicas. 2006. Capítulo 7.
7. Huang X, Lin J, Parhar M, Shen Y, Haapasalo M, Wei X. Clinical use of bioceramic materials. *Endod Top* [Internet]. 2015;32(1):97–117. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih>.
8. von Arx T. Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *Saudi Dent J* [Internet]. 2011;23(1):9–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2010.10.004>
9. Biočanin V, Antonijević Đ, Poštić S, Ilić D, Vuković Z, Milić M, et al. Marginal Gaps

- between 2 Calcium Silicate and Glass Ionomer Cements and Apical Root Dentin. *J Endod*. 2018;44(5):816–21.
10. Jain A, Ponnappa KC, Yadav P, Rao Y, Relhan N, Gupta P, et al. Comparison of the root end sealing ability of four different retrograde filling materials in teeth with root apices resected at different angles - an invitro study. *J Clin Diagnostic Res*. 2016;10(1):ZC14–7.
 11. Bodrumlu E. Biocompatibility of retrograde root filling materials: A review. *Aust Endod J*. 2008;34(1):30–5.
 12. Camilleri J. Modification of mineral trioxide aggregate. Physical and mechanical properties. *Int Endod J*. 2008;41(10):843–9.
 13. Delgado MFR, Cárdenas S, Socarràs DA, Quintana SC. In vitro comparative study of apical microfiltration in retrograde fillings between dental cements: MTA repair Hp and biodentine. *Salud Uninorte*. 2018;34(3):633–40.
 14. Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J*. 2018;51(3):284–317.
 15. Küçükkaya S, Görduysus MÖ, Zeybek ND, Müftüoğlu SF. In Vitro Cytotoxicity of Calcium Silicate-Based Endodontic Cement as Root-End Filling Materials. *Scientifica (Cairo)*. 2016;2016.
 16. Llanos-Carazas M. Evolution of bioceramic cements in endodontics. *Conoc para el Desarro*. 2019;10(1):151–62.
 17. Trope M, Bunes A, Debelian G. Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? *Endod Top*. 2015;32(1):86–96.
 18. Moinzadeh AT, Aznar Portoles C, Schembri Wismayer P, Camilleri J. Bioactivity potential of endo sequence BC RRM putty. *J Endod [Internet]*. 2016;42(4):615–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.12.004>

19. Debelian G, Trope M. L'utilizzo dei materiali bioceramici premiscelati in Endodonzia. *G Ital Endod* [Internet]. 2016;30(2):70–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gien.2016.09.001>
20. Shokouhinejad N, Nekootar MH, Ashortehtyazdi K, Zahraee S, Khoshkhounejad M. Marginal adaptation of new bioceramic materials and mineral trioxide aggregate: A scanning electron microscopy study. *Iran Endod J*. 2014;9(2):144–8.
21. Antunes HS, Gominho LF, Andrade-Junior C V., Dessaune-Neto N, Alves FRF, Rôças IN, et al. Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. *Int Endod J*. 2016;49(10):960–5.
22. Ravichandra P V., Harikumar V, Deepthi K, Jayaprada RS, Ramkiran D, Krishna M. JN, et al. Comparative evaluation of marginal adaptation of biodentine™ and other commonly used root end filling materials-an invitro study. *J Clin Diagnostic Res*. 2014;8(3):243–5.
23. Walsh RM, Woodmansey KF, He J, Svoboda KK, Primus CM, Opperman LA. Histology of NeoMTA Plus and Quick-Set2 in Contact with Pulp and Periradicular Tissues in a Canine Model. *J Endod* [Internet]. 2018;44(9):1389–95. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.05.001>
24. Pinheiro LS, Iglesias JE, Boijink D, Mestieri LB, Poli Kopper PM, Figueiredo JA de P, et al. Cell Viability and Tissue Reaction of NeoMTA Plus: An In Vitro and In Vivo Study. *J Endod*. 2018;44(7):1140–5.
25. Ballullaya S V., Vinay V, Thumu J, Devalla S, Priyadarshini BI, Balla S. Stereomicroscopic dye leakage measurement of six different root canal sealers. *J Clin Diagnostic Res*. 2017;11(6):ZC65–8.
26. Abedi-Amin A, Luzi A, Giovarruscio M, Paolone G, Darvizeh A, Agulló VV, et al. Innovative root-end filling materials based on calcium-silicates and calcium-phosphates. *J Mater Sci Mater Med* [Internet]. 2017;28(2):0–1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10856-017-5847-1>

27. Leal F, De-Deus G, Brandão C, Luna AS, Fidel SR, Souza EM. Comparison of the root-end seal provided by bioceramic repair cements and White MTA. *Int Endod J*. 2011;44(7):662–8.
28. Ciasca M, Aminoshariae A, Jin G, Montagnese T, Mickel A. A Comparison of the Cytotoxicity and Proinflammatory Cytokine Production of EndoSequence Root Repair Material and ProRoot Mineral Trioxide Aggregate in Human Osteoblast Cell Culture Using Reverse-Transcriptase Polymerase Chain Reaction. *J Endod* [Internet]. 2012;38(4):486–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.12.004>
29. Damas BA, Wheeler MA, Bringas JS, Hoen MM. Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and endosequence bioceramic root repair materials. *J Endod* [Internet]. 2011;37(3):372–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.11.027>
30. Carrillo Varguez A, Santana Basoco BI, González Vizcarra B, Villarreal Gómez LJ, Jaramillo Fernández D, Rentería Aguilera N, et al. Comparative in vitro Study of the Bond Strength on Dentin of Two Sealing Cements: BC-SEALER and AH-PLUS. *Rev Mex Ing Biomed*. 2016;37(2):115–22.
31. An SY, Shin HI, Choi KS, Park JW, Kim YG, Benavides E, et al. Unusual osteoid osteoma of the mandible: Report of case and review of the literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* [Internet]. 2013;116(2):e134–40. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.oooo.2013.04.010>
32. Lertmalapong P, Jantararat J, Komoltri C. Bacterial leakage and marginal adaptation of various bioceramics as apical plug in open apex model. 2018;(August):1–7.